

KARAKTERISTIK MATERIAL BIOKOMPETIBEL APLIKASI IMPLAN MEDIS JENIS *BONE PLATE*

Cahya Sutowo¹

csutowo@yahoo.com

Pusat Penelitian Metalurgi dan
Material -LIPI

Muhammad Ikhsan²

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah
Jakarta

Ika Kartika³

Pusat Penelitian Metalurgi dan
Material -LIPI

ABSTRAK

Komponen bone plate adalah salah satu alat medis yang di buat untuk menggantikan struktur dan fungsi suatu bagian biologis. Di pasaran komponen bone plate mempunyai harga yang variatif tergantung materialnya, karakterisasi material bone plate telah dilakukan menggunakan beberapa pengujian yaitu pengujian komposisi kimia, metalografi, pengujian kekerasan dan pengujian korosi. Hasil pengujian komposisi kimia pada komponen bone plate A dan bone plate B menunjukkan material klasifikasi jenis baja tahan karat Austenitik. Bone plate A baja tahan karat Austenitik 316L dengan kandungan molibdenum 1,94%, dan khrom 20,48%, sedangkan bone plate B baja tahan karat Austenitik 304L kandungan molibdenum 0,149%, dan khrom 20,08%. Nilai kekerasan bone plate A sebesar 181,56 HB dan bone plate B sebesar 152,92 HB. Hasil metalografi pada material bone plate A dan bone plate B menunjukkan struktur mikro dengan fasa austenitik. Hasil pengujian korosi metode CMS menunjukkan bahwa bone plate A dengan laju korosi 0,80 mpy dan bone plate B dengan laju korosi 1,15 mpy. Dari karakterisasi data pengujian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa komponen bone plate yang berasal dari material baja tahan karat Austenitik 316L dapat dibuat melalui proses manufaktur yang ada tanpa harus import, sehingga dapat lebih tepat dimensinya sesuai dengan anatomi dengan harga yang terjangkau.

Kata Kunci: *Bone plate, baja tahan karat austenitik, stainless steel, korosi*

I. Pendahuluan

Biomaterial adalah material yang mengalami kontak langsung dengan sistem biologis pada makhluk hidup, material tersebut diharuskan memiliki beberapa persyaratan, antara lain tidak menimbulkan pengaruh buruk pada tubuh, memiliki ketahanan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang baik terutama kekuatan fatik dan ketangguhan [1]. Biomaterial dalam aplikasinya digunakan untuk menggantikan atau mengembalikan fungsi dari komponen tulang yang mengalami kegagalan/kerusakan [2]. Salah satu teknologi biomaterial yang digunakan dalam aplikasi medis adalah plat penyambung tulang (*bone-plate fixed*). Material implan yang telah banyak digunakan adalah jenis logam Baja tahan karat

(*stainless steel*) merupakan jenis logam baja yang sering digunakan di bedah ortopedik.

Salah satu baja tahan karat yang paling banyak digunakan sebagai biomaterial adalah baja tahan karat tipe 316L, merupakan material yang paling umum digunakan untuk material implan. Stainless steels 316L merupakan jenis *low carbon* dengan komposisi kimia $C \leq 0,030\%$, $\leq 1,0\%$ Si, $\leq 2,0\%$ Mn, $0,045\% P \leq$, $\leq S 0,030\%$, 12,0-15,0% Ni, 16,0- 18,0% Cr, dan 2,0-3,0% Mn (ASTM F138, F139). Jenis logam paduan lainnya adalah CoCr alloy terdiri atas kobalt (65%) dan chromium (30%) dengan unsur karbon dalam jumlah kecil akan tetapi sangat keras, kaku, kuat dan ketahanan terhadap korosi sangat baik. Baja tahan karat juga merupakan bahan yang efisien dikembangkan

pada aplikasi biomaterial dikarenakan harganya murah dan dapat ditingkatkan kualitasnya.

Stainless steel tipe 316L banyak digunakan karena karena keunggulannya pada ketahanan korosi, sifat fisik, sifat mekanik, dan permukaan yang mudah dibersihkan. Komposisi kimia dari stainless steel tipe 316L telah dikembangkan untuk memperoleh struktur austenit yang stabil yang memiliki banyak keuntungan, yaitu: Baja stainless steel austenitik memiliki struktur FCC sehingga lebih unggul dari stainless steel feritik dalam ketahanan terhadap korosi karena kepadatan atom kristalografi yang lebih tinggi, rasio kekuatan luluh dan kekuatan tarik yang sangat rendah dan mampu bentuk yang tinggi, *cold working* dan *successive aging treatment* dapat diterapkan untuk meningkatkan kekuatan. Stainless steel austenitik pada dasarnya bersifat non magnetik.

Di Indonesia banyak bahan yang dapat dijadikan biomaterial, bahan baku ferrokrom untuk membuat *stainless steel* ataupun alumina untuk keramik. Bahan *stainless steel* mempunyai kekuatan baik tetapi kurang bagus untuk jaringan dan keramik bahan yang rapuh tetapi cocok untuk jaringan. Diharapkan adanya penelitian lanjut untuk bahan komposit campuran keduanya. *Stainless steel* merupakan salah satu jenis logam yang banyak di aplikasikan dalam bidang medis akan tetapi masih mengandung komposisi kimia yang mungkin dapat menyebabkan reaksi merugikan jika diimplankan dalam tubuh, akan tetapi beberapa keuntungannya antara lain karena logam ini memiliki sifat yang kuat, tangguh, ulet dan tahan terhadap karat.

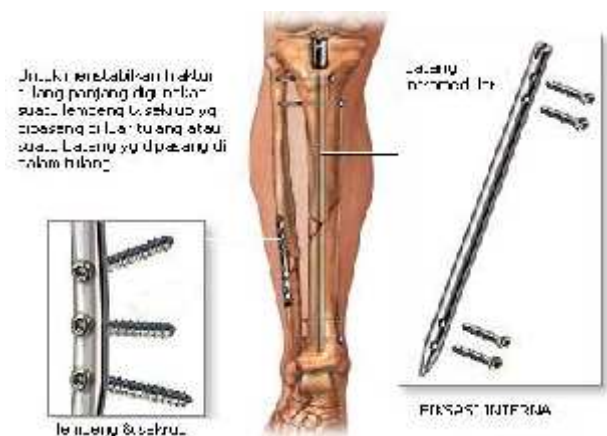
Selanjutnya dalam pemilihan material yang akan digunakan untuk implan harus memenuhi beberapa syarat berikut :

- Biocompatible*, material harus dapat menyatu dengan tubuh jangan sampai terjadi penolakan dari tubuh terhadap material yang di implan.
- Material tahan korosi, degradasi, dan keausan, material yang akan di implan harus dapat bertahan lama di dalam tubuh saat fase penyembuhan, karena di dalam tubuh manusia itu sendiri lingkungannya sangat korosif, sehingga dibutuhkan material yang tahan terhadap korosi.
- Mechanical properties* yang sama antar implan dengan tulang manusia itu sendiri ketika sedang bekerja mengalami beberapa pembebanan. Hal ini

dimaksudkan agar ketika implan tersebut bekerja dan mengalami pembebanan maka implan tersebut dapat memenuhi fungsinya sebagai pengganti dari sendi tulang yang rusak tersebut.

- Bioactive*, material implan diharapkan dapat menyatu dengan jaringan ketika telah ditanam didalam tubuh manusia.
- Osteoconductive*, material ini harus dapat menghubungkan atau sebagai perekat antara tulang dengan implan.

Bone plate adalah salah satu komponen implant yang dibuat untuk menggantikan struktur dan fungsi suatu bagian biologis yang berfungsi sebagai perangkat yang di tempatkan sebagai pengganti tulang untuk menyangga fraktur dalam tubuh memberikan fungsi sebagai alat untuk menyangga tulang yang patah pada tubuh. Dalam konteks ini, implan dapat ditempatkan di dalam tubuh (internal) ataupun di luar tubuh (eksternal).

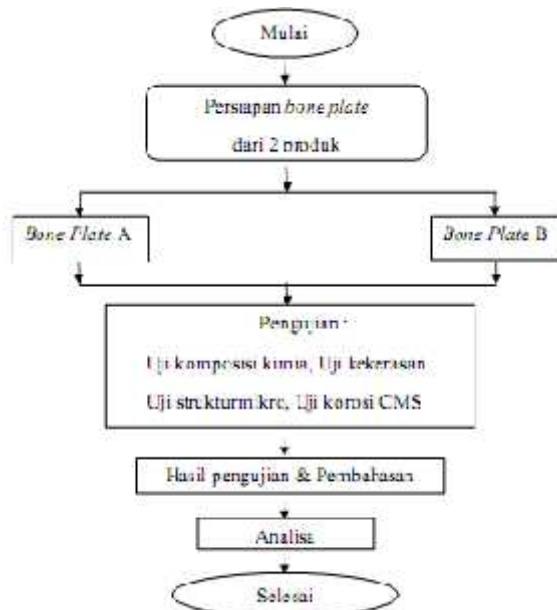


Gambar 1. Posisi penyambungan implan pada tulang yang patah (Sumber : Ahli bedah orthopedic.com)

Gambar 1 merupakan cara pengaplikasian *bone plate* pada tulang kaki, tulang atau kerangka adalah penopang tubuh Vertebrata. Tanpa tulang pasti tubuh kita tidak bisa tegak berdiri. Tulang mulai terbentuk sejak bayi dalam kandungan, berlangsung terus sampai dekade kedua dalam susunan yang teratur. [Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Tulang>]

II. Metodologi Penelitian

Metode penelitian dengan tahapan tahapan penelitian di lakukan sebagaimana diagram alir Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir tahapan penelitian

Pelaksanaan pengujian dilaksanakan di laboratorium Puslit Metalurgi dan Material LIPI. Dalam pengujian ini menggunakan material dari dua jenis *bone plate* sebagaimana pada Gambar 3.



(a).



(b).

Gambar 3. Komponen *bone plate*(a). *bone plate* A (baru) (b). *bone plate* B (ex. Terpasang)

Persiapan alat dan bahan dalam penelitian ini meliputi : gergaji tangan (*hand saw*), *cutting machine*, jangka sorong (sigmat), penggaris, sarung tangan, kertas amplas, alumina pasta, polish machine.

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur – unsur paduan pada material menggunakan mesin *spark oes*. Uji kekerasan *Brinell* dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas serta variasi pendinginan terhadap nilai kekerasan dan spesimen asli yang diuji. Pengamatan metalografi bertujuan untuk melihat, mengamati dan menganalisa jenis dan

bentuk struktur mikro dari benda uji menggunakan *mikroskop optic*, agar dapat mengamati struktur mikro yang ada maka perlu dilakukan beberapa proses pengerjaan pada spesimen yang akan diamati meliputi proses pemotongan benda uji, proses *mounting*, proses grinding dan polishing serta proses Etsa (*Etching*).

Pengujian korosi menggunakan CMS (*corrosion measurement System*) bertujuan untuk mengetahui ketahanan korosi (laju korosi) material logam dalam lingkungan fluida berupa larutan sintetik plasma darah “hank solution” sesuai dengan ASTM :G31-72.

III. Hasil dan Pembahasan

Data hasil uji komposisi kimia *bone plate* A dan *bone plate* B menggunakan *SPARK OES*, komposisi kimianya dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Data hasil pengujian komposisi kimia

| No | unsur (Element) | Kandur % (<i>bone plate</i> A) | Kandur % (<i>bone plate</i> B) | Standard SS 304L (%) | Standard SS 316L (%) |
|----|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | C | 0.028 | 0.026 | 0.03 | 0.03 |
| 2 | Si | 0.339 | 0.376 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | S | 0.006 | 0.0006 | 0.03 | 0.03 |
| 4 | P | 0.015 | 0.015 | 0.045 | 0.045 |
| 5 | Mn | 1.308 | 1.459 | 2.00 | 2.00 |
| 6 | Ni | 11.574 | 8.391 | 8.00-12.00 | 10.00-14.00 |
| 7 | Cr | 20.485 | 20.084 | 18.00-20.00 | 16.00-18.00 |
| 8 | Mo | 1.945 | 0.149 | - | 2.00-3.00 |
| 9 | Fe | Balance | Balance | Balance | Balance |

*) Ref: Material Data Book For Engineer And Scientists, By Emil R Parker Mc Grawhill Book Company, New York

Berdasarkan pada hasil pengujian komposisi kimia pada benda uji *bone plate* A, pada material tersebut analog dengan baja tahan karat austenitik 316L dengan kandungan molibdenum 1,94% (standard 2-3%), akan tetapi kadar khrom berlebih dengan nilai 20,48% (standard 16-18%). Sedangkan pada *bone plate* B analog dengan baja tahan karat austenitik 304L namun ada kandungan molibdenum 0,14% dan khrom 20%.

Pengujian kekerasan metoda *brinell* merupakan pengujian untuk menentukan kekerasan bahan dengan menggunakan penetrator bola baja dengan diameter 2,5mm, beban dan waktu pembebanan tertentu, pada pengujian kekerasan *brinell* masing – masing benda uji diberi titik penekanan agar menentukan perbedaan kekerasan pada setiap masing – masing benda uji tersebut. Dari hasil pengujian

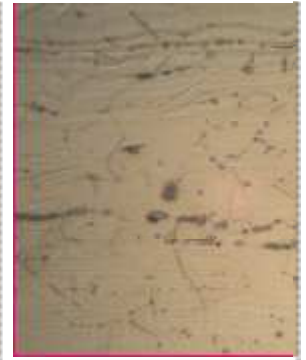
kekerasan brinell setelah diambil titik penekan menggunakan penetrator bola Ø 2,5 mm dengan beban penekanan 187,5 Kgf dapat diperoleh data pada Tabel 2 berikut:

Tabel.2. Data Hasil Penguji Kekerasan Brinell

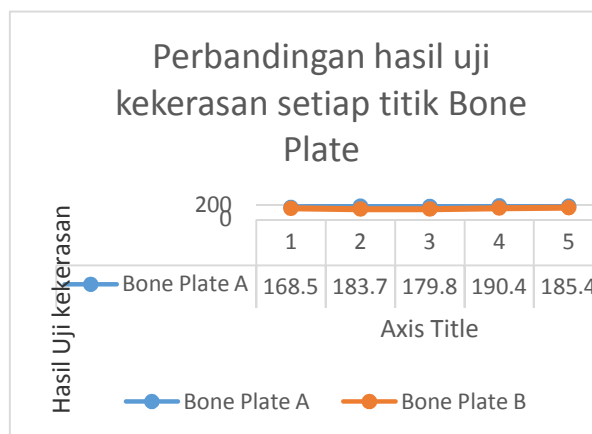
| No Uji | Kekerasan Brinell (HB) | | Keterangan |
|-----------|------------------------|--------------|--|
| | Bone Plate A | Bone Plate B | |
| 1 | 168,5 | 154,0 | Program HB : 30 Beban : 187,5 Kgf Penetrator : bola Ø 2,5 mm Waktu pembebanan : 3 detik |
| 2 | 183,7 | 144,4 | |
| 3 | 179,8 | 145,4 | |
| 4 | 190,4 | 157,4 | |
| 5 | 185,4 | 163,4 | |
| Rata-rata | 181,56 | 152,92 | |



Gambar 5. Foto Struktur Mikro Bone Plate A, etsa kalling reagent



Gambar 6. Foto Struktur Mikro Bone Plate B, etsa kalling reagent



Gambar 4. Grafik Perbandingan tiap titik pengujian kedua Bone Plate

Material *bone plate* A dengan nilai kekerasan rata – rata 181,56 HB, sedangkan *bone plate* B nilai kekerasan rata – rata 152,92 HB. Jadi nilai kekerasan pada *bone plate* A lebih tinggi dibandingkan dengan *bone plate* B dikarenakan pada *bone plate* A komposisi kimia kadar karbon, nikel, krom, dan molibdenumnya lebih besar dibandingkan dengan *bone plate* B. Kadar karbon, nikel, krom, dan molibdenum yang lebih tinggi pada dapat menaikkan kekuatan, kekerasan, ketahanan terhadap panas dan karat. Pada pengamatan metalografi dimaksudkan untuk mengetahui fasa - fasa yang terdapat pada *bone plate* A dan *bone plate* B.

Dari hasil pengamatan metalografi pada material *bone plate* A dan *Bone Plate* B menunjukkan fasa austenit ditandai adanya garis - garis austenitik yang berwarna kehitaman atau bidang kembar (*twin boundary*). Struktur mikro sampel *bone plate* A lebih homogen memiliki bidang kembar tersebut dibanding *bone plate* B. Fasa Austenitik diinginkan pada material implan karena fasa tersebut tidak terpengaruh dengan medan magnet. Ukuran butir yang lebih kecil memiliki jumlah luasan batas butir yang lebih besar daripada ukuran butiran yang kasar, sehingga dapat menghalangi terjadinya gerakan dislokasi. Hal ini berakibat pada peningkatan kekerasan.

Pengujian korosi merupakan pengujian untuk mengetahui laju korosi yang terdapat pada komponen *bone plate* A dan *bone plate* B dengan menggunakan media sintetik plasma darah, dengan program *Tafel Scan* sesuai ASTM G3, PH 6.32, temperature kamar. Data hasil pengujian hasil laju korosi sesuai data tabel 3.

Tabel.3. Data Hasil Penguji Korosi

| No | Benda Pengujian | Tafel Scan | | |
|----|-----------------|--|------------------------|-----------------|
| | | I _{Corr} (A/cm ²) | E _{Corr} (mV) | Corr Rate (mpy) |
| 1 | Bone Plate A | 1,946 10 ⁻⁶ | -573.7 | 0,503 |
| 2 | Bone Plate B | 2,773 10 ⁻⁶ | -579.5 | 1,154 |

Hasil pengujian korosi menunjukkan bahwa *bone plate* A mempunyai nilai laju korosi 0,80 mpy dan *bone plate* B mempunyai nilai laju korosi 1,15 mpy, *bone plate* A laju korosinya lebih rendah karena unsur nikel yang lebih tinggi di bandingkan *bone plate* B, unsur nikel tersebut memiliki karakteristik kuat, tahan panas dan tahan karat.

Kelemahan dari baja tahan karat austenitik umumnya sensitivitas yang tinggi terhadap korosi sumuran dan *stress corrosion cracking*. Korosi ini terjadi ketika oksidan seperti *dissolved oxygen* bereaksi dengan ion klorida. Pitting lebih lanjut dipercepat oleh adanya sel konsentrasi oksigen pada tahap awal pertumbuhan.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai hasil pengujian pada *Bone Plate A* dan *Bone Plate B*. Maka dari pengujian tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pada hasil pengujian komposisi kimia pada benda uji *bone plate A*, pada material tersebut analog dengan baja tahan karat austenitik 316L, pada *bone plate A* dengan kandungan molibdenum 1,94% (standard 2-3%), akan tetapi kadar khrom berlebih dengan nilai 20,48% (standard 16-18%). Sedangkan pada *bone plate B* analog dengan baja tahan karat austenitik 304L namun ada kandungan molibdenum 0,14% dan khrom 20%.
2. Pada hasil pengujian kekerasan *bone plate A* mempunyai nilai lebih keras dibandingkan dengan *bone plate B*. Nilai kekerasan pada *bone plate A* sebesar 181,56 HB dan *bone plate B* sebesar 152,92 HB.
3. Pada hasil pengujian korosi dengan metode CMS yang sudah dilakukan terhadap *Bone plate A* dan *Bone Plate B*, diketahui bahwa *Bone Plate A* mempunyai laju korosi 0,80 mpy dan *Bone Plate B* mempunyai laju korosi 1,15 mpy, *Bone Plate A* laju korosinya lebih rendah karena unsur nikel yang lebih tinggi di bandingkan *Bone Plate B*, unsur nikel tersebut memiliki karakteristik kuat, tahan panas dan tahan karat.

Dari data pengujian yang di hasilkan menunjukkan bahwa komponen *bone plate* seperti yang di pasaran dengan kualitas baik dan harga yang murah, dapat dibuat dengan proses manufaktur di dalam negeri sehingga ukuran dan dimensi *dapat disesuaikan* dengan anatomi.

Daftar Pustaka

1. Bombac, D., B, Miha., Fajfar, P., Kosel, F., dan Turk, R. 2007, "Review of Materials in Medical Applications". RMZ-Materials and Geoenvironment., 54, 471-499.
2. Ige, O.O., Umoru, L.E., Adeoye, M.O., Adetunji, A.R., Olorunniwo, O.E., dan Akomolafe, I.I. 2009. "Monitoring, Control, and Prevention Practises of Biomaterials Corrosion-An Overview", Trends Biomaterials Artificial Organs., 23, 93-104.
3. Aan Sulistyawan, Mochammad Ichwan dan Djoko HP, 2003, Studi Ketahanan Korosi Baja Tahan Karat Austenitik Untuk Material Ortopedi, Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 4, No. 2, ISSN : 1411-1098.
4. Arindha Reni Pramesti, Miranda Zawazi Ihsan, Nurul Istiqomah, 2011, Analisis komposisi kimia, korosi, dantopografi implant stainless steel 316l berdasarkaperiodeimplantasi.
5. Earl R Parker, Materials Data Book For Engineer And Scientisas, New York, Mc Grawhill Book Company.
6. Putri Ayu, 2003, Pengembangan Bio Material Untuk Kemajuan Teknologi Kesehatan Nasional.
7. S. M. B. Respati, 2010, Bahan Biomaterial Stainless Steel dan Keramik, Jurnal Momentum, Vol. 6, No. 1, April 2010 : 5 – 8.